

SEMISUMADOR Y SUMADOR COMPLETO PARA COMPUTACION OPTICA

Ana González-Marcos, José A. Martín-Pereda
Departamento de Tecnología Fotónica
E.T.S.I. Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid
Ciudad Universitaria s/n, 28040 - Madrid (España)

ABSTRACT

A half-adder and full-adder desing using a new optical processing element is presented. The Optical Processing element is maded using fiber optic, optical couplers and non-linear optical device. This element allow programmability of fourteen difference pair of logical function of two inputs in two outputs. Two optical control signals of non-binary logic made the choice of the logical function pair obtain in the outputs. By the appropriate selection of the power levels of the optical control signals, we can configurate a half-adder and with an small modification a full-adder. Also, a ripple carry adder desing is presented.

1.- INTRODUCCION

El uso de componentes ópticos en computación digital ha estado en la mente de todos desde los inicios de la computación en 1940. Sin embargo, hasta que no surgió el láser en los sesenta y se comenzaron a estudiar los efectos no-lineales, en los setenta, no se creyó en su posible viabilidad. Mientras tanto la Electrónica fue desarrollando su capacidad de computación, superando las barreras tecnológicas que se le presentaban, y encontrando y definiendo sus propias limitaciones. La principal limitación encontrada está en el conexionado, y es precisamente en este campo donde la Optica ofrece soluciones más directas. De hecho, las Comunicaciones Opticas, trás la aparición de la fibra óptica a principios de los 70, han experimentado un fuerte desarrollo y la aplicación de sus tecnologías a la Computación Optica es ahora inminente.

En el presente trabajo se utiliza una célula óptica elemental programable donde el medio de transmisión es fibra óptica, empleándose acopladores para combinar y distribuir los canales de señales ópticas. El procesado de señal se lleva a cabo mediante dispositivos ópticos no-lineales, tales como los basados en MQWs (1), en ZnSe (2) y en cristales líquidos (3). Pero dado que éstos aún no presentan unas características tecnológicas que los hagan asequibles, se han utilizado técnicas de simulación optoelectrónica en la realización práctica de sus funciones de transferencia. Dicha célula elemental, denominada "Circuito Digital Programable Opticamente en un Medio Confinado", ha sido presentada previamente(4).

Un semisumador, y en su extensión un sumador completo (representados en la fig.1), constituye la red digital básica que puede diseñarse a partir de puertas lógicas. A continuación, se describirá como se configuran dichas redes con la célula elemental programable ópticamente a la que se hacía referencia. De esta forma se demuestra la versatilidad de la célula elemental para realizar diseños de redes digitales complejas.

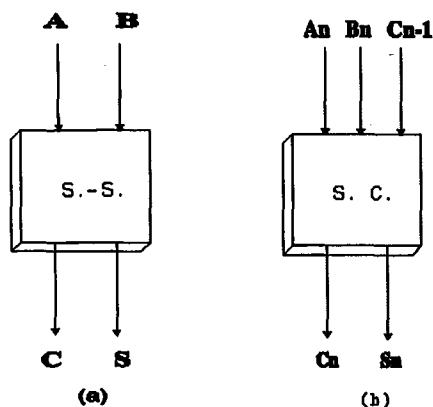


Figura 1.- Esquema de: (a) Semi-Sumador; y (b) Sumador Completo.

2.- ESTRUCTURA DEL SEMISUMADOR

La representación en bloque de la célula elemental presentada es la de la fig.2, mostrando dos entradas de variables independientes, A y B, y dos salidas, $O_{1(h,g)}(A,B)$ y $O_{2(h,g)}(A,B)$ dependientes de las variables de control h,g. Las señales de datos A,B y las de salida se consideran binarias, mientras que las de control son multinivel. En la tabla I se indican los catorce pares distintos de funciones de A y B que pueden obtenerse a la salida, de acuerdo con los niveles de potencia de las señales de control h y g. Esta tabla es la que nos indica qué señales de control requiere la red digital que deseamos diseñar.

La función Booleana que permite realizar la suma de dos bits es la XOR, siendo la función AND la que facilita información de la presencia o no de acarreo. En consecuencia, si hacemos corresponder a $O_1 = \text{XOR}$ y $O_2 = \text{AND}$ vemos en la tabla que las señales de control requeridas son $h_0 = 0$ y $g_0 = 0$, de forma que la célula constituye un semisumador por sí misma sin necesidad de aplicar señales de control.

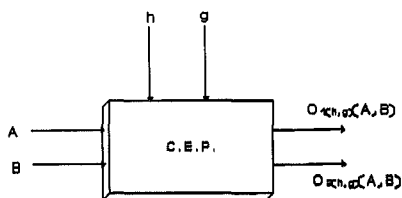


Figura 2.- Representación en bloque de la Célula Elemental Programable. Todas las entradas y salidas son ópticas.

TABLA I.- Posibles funciones lógicas de salida.

Señales Ópticas de Salida ---->	O ₁	O ₂	O ₁	O ₂	O ₁	O ₂
g ₀	XOR	AND	XOR	OR	NAND	ON
g ₁	NAND		NOR		NOR	
g ₂	XOR		XNOR		AND	
g ₃	AND		OR		OR	
g ₄	OR		OR		ON	
Señales Ópticas de Control	h ₀		h ₁		h ₂	

3.- CONFIGURACION DE UN SUMADOR COMPLETO

La aplicación de la célula como sumador completo se configura a partir de la misma de una manera sencilla. Basta con determinar qué forma Booleana se requiere para llevar a cabo la suma de dos bits, considerando el acarreo generado por los bits anteriores. De esta forma pueden presentarse dos situaciones:

a) Cuando el acarreo anterior es nulo: $C_{n-1} = 0$.

En este caso la suma de A_n y B_n correspondería con la del semisumador, $O_1 = A_n \text{ XOR } B_n$ y $O_2 = A_n \text{ AND } B_n$, esto es la señales de control son cero.

b) Cuando existe acarreo: $C_{n-1} = 1$.

Aquí las funciones Booleanas para generar la suma y el acarreo de los siguientes bits son:

$$O_1 = A_n \text{ XNOR } B_n$$

$$O_2 = A_n \text{ OR } B_n.$$

Mirando la tabla I vemos que para obtener dichas funciones a la salida es necesario que las señales de control tomen los valores de $h = h_1$ y $g = g_2$.

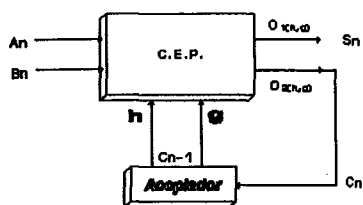


Figura 3.- Sumador óptico binario en serie.

en serie (Fig.3) o el sumador paralelo con acarreo en serie (Fig.4).

Aunque en un principio se ha dicho que las salidas de la célula elemental son de lógica binaria, esto no es de forma restrictiva pudiendo obtenerse lógica multinivel cuando se desee. En el caso del sumador completo, la salida O_2 debería ser multinivel. Así con un simple acoplador de 1x2, con una constante de acoplo k seleccionada de forma que en cada una de las salidas del mismo se tuviera la potencia de luz requerida h_1 y g_2 , se configura el sumador completo binario en

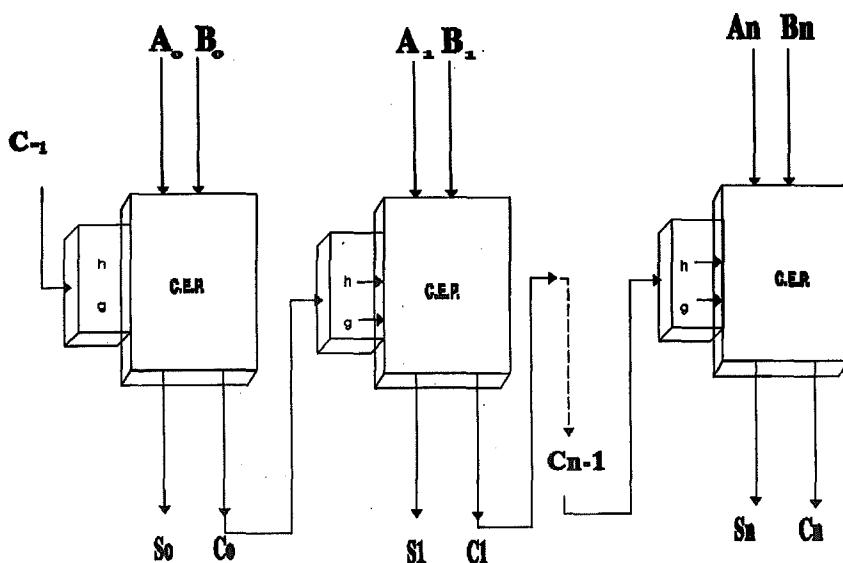


Figura 4.- Sumador paralelo óptico con acarreo en serie.

4.- CONCLUSIONES

Las principales ventajas que presenta la célula elemental programable, empleada para el diseño de las redes digitales expuestas, son: por un lado, como ha sido demostrado,

la facilidad de diseñar un sumador completo a partir de un semi-sumador; y por otro, la capacidad que ofrece la estructura para propagar el acarreo generado en las sumas binarias. Esto último ha constituido un gran inconveniente en el diseño de sumadores ópticos que fueran capaces de aprovechar las características de paralelismo inherente a la Óptica (5-6).

Aunque la importancia de poder disponer de un sumador óptico ha sido comentada en varias publicaciones (7), aún no existe una decisión clara de qué lógica (8) y, en consecuencia, qué arquitecturas (9), serían las más adecuadas para ser utilizadas. Debido a ello, la realización de configuraciones reales, que sean capaces de llevar a cabo las mismas operaciones que hoy son capaces de efectuar los ordenadores electrónicos, está todavía algo lejana. En cualquier caso, la aparición de propuestas, equivalentes a la presente, es constante en la literatura del tema. Ello implica el que, de una manera u otra, en un plazo de tiempo que puede ser no tan largo como el que algunos señalan, pueda llegarse a disponer de soluciones parciales para este tipo de uso.

5.- BIBLIOGRAFIA

- (1) D.A.B. Miller, D.S. Chemia, T.C. Damen, A.C. Gossard, W. Wiegmann, T.H. Wood y C.A. Burrus, *Apply Physics Letters* **45**(1), 13 (1984)
- (2) B.S. Wherret, *Applied Optics* **24**, 2876 (1985);
- (3) M.A. Muriel y J.A. Martín-Pereda, en *Proceedings of European Conference on Optics*, Optical Syst. & Appl. ECOOSA 84, Amsterdam 1984, p.291.
- (4) A. González-Marcos y J.A. Martín-Pereda, III Reunión Nacional de Óptica y I Reunión Iberoamericana de Óptica. Barcelona, 21-23 septiembre, 1992.
- (5) S. Barua, *Optical Engineering* **30**, 265 (1991)
- (6) D.-G. Sun y Z.-H. Weng, *Applied Optics* **30**, 1781 (1991)
- (7) A.W. Lohmann y J. Weigelt, *Applied Optics* **25**, 3047 (1986)
- (8) M. Fukui y K. Kitayama, *Applied Optics* **31**, 581 (1992)
- (9) A.D. McAulay, *Optical Computing Architectures* (Wiley, N.Y., 1991)